

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)	(19) [Publication Office] Japanese Patent Office (JP)
(12)【公報種別】公開特許公報(A)	(12) [Kind of Document] Japan Unexamined Patent Publication (A)
(11)【公開番号】特開平10-148729	(11) [Publication Number of Unexamined Application] Japan Unexamined Patent Publication Hei 10-148729
(43)【公開日】平成10年(1998)6月2日	(43) [Publication Date of Unexamined Application] 1998 (1998) June 2 day
(54)【発明の名称】高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法	(54) [Title of Invention] RIDGE * PATTERN FORMATION METHOD OF POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE CORE
(51)【国際特許分類第6版】 G02B 6/13	(51) [International Patent Classification 6th Edition] G02B 6/13
【FI】 G02B 6/12 M	[FI] G02B 6/12 M
【審査請求】未請求	[Request for Examination] Examination not requested
【請求項の数】10	[Number of Claims] 10
【出願形態】OL	[Form of Application] OL
【全頁数】11	[Number of Pages in Document] 11
(21)【出願番号】特願平8-310959	(21) [Application Number] Japan Patent Application Hei 8-310959
(22)【出願日】平成8年(1996)11月21日	(22) [Application Date] 1996 (1996) November 21 day
(71)【出願人】 【識別番号】000004226 【氏名又は名称】日本電信電話株式会社 【住所又は居所】東京都新宿区西新宿三丁目19番2号	(71) [Applicant] [Applicant Code] 000004226 [Name] NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP. (NTT) (DB 69-062-6718) [Address] Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2
(72)【発明者】 【氏名】都丸 暁 【住所又は居所】東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本電信電話株式会社内	(72) [Inventor] [Name] Tomaru dawn [Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2 Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)
(72)【発明者】	(72) [Inventor]

【氏名】 今村 三郎

[Name] Imamura Saburo

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号  
日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2  
Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 栗原 隆

[Name] Kurihara Takashi

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号  
日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2  
Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(72) 【発明者】

(72) [Inventor]

【氏名】 林田 尚一

[Name] Hayashida Shoichi

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号  
日本電信電話株式会社内

[Address] Inside of Tokyo Shinjuku-ku Nishishinjuku 3-19-2  
Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) (DB 69-062-6718)

(74) 【代理人】

(74) [Attorney(s) Representing All Applicants]

【弁理士】

[Patent Attorney]

(57) 【要約】

(57) [Abstract]

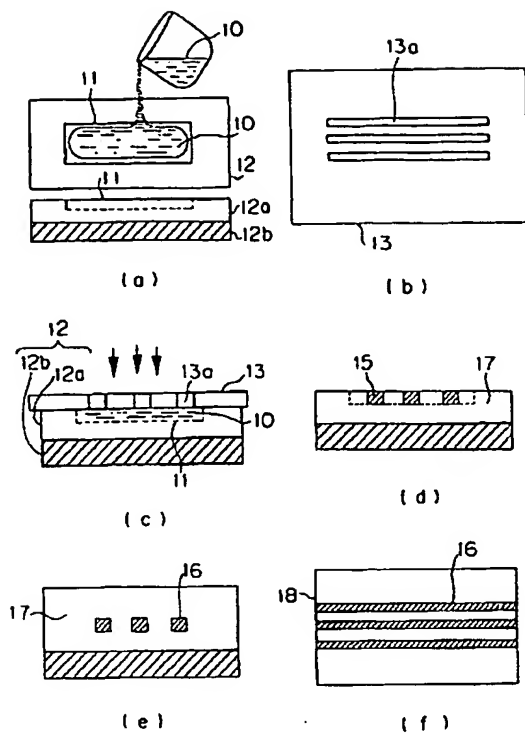
【課題】 簡易で量産性に優れ、光部品との接続が容易に行える高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法を提供する。

[Problem] Being simple, it is superior in mass productivity, it offers ridge \* pattern formation method of the polymer optical waveguide core which can connect with optical component easily.

【解決手段】 この方法は、高分子光導波路を形成すべき部分に液だめプールを予め形成する工程と、該液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程と、液だめプールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して光照射してパターン潜像を形成する工程と、該パターン潜像形成後、感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、溶媒による除去の工程で感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする。

[Means of Solution] As for this method, step which forms liquid useless pool beforehand in portion which should form polymer optical waveguide. step which fills photosensitive substance of liquid to said liquid useless pool. illumination doing through mask where specified ridge \* pattern was formed vis-a-vis photosensitive substance of liquid which was filled in liquid useless pool, step which forms pattern latent image. After said pattern latent image formation, it possesses with step which removes unirradiated part of photosensitive substance making use of solvent, furthermore, portion where the photosensitive substance remains with step of removal due to solvent light designates that it makes core in order wave conduction to

do as feature.



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高分子光導波路のコア部に対応するリッジ・パターンを形成するための方法であって、

高分子光導波路を形成すべき部分に液だめプールを予め形成する工程と、

該液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程と、

前記液だめプールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して照射してパターン潜像を形成する工程と、

該パターン潜像形成後、前記感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、

前記溶媒による除去の工程で前記感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

## [Claim(s)]

[Claim 1] Being a method in order to form ridge \* pattern which corresponds to the core of polymer optical waveguide,

Step which forms liquid useless pool beforehand in portion which should form polymer optical waveguide.

Step which fills photosensitive substance of liquid to said liquid useless pool.

Illumination doing, through mask where specified ridge \* pattern was formed vis-a-vis photosensitive substance of liquid which was filled in the aforementioned liquid useless pool, step which forms pattern latent image.

After said pattern latent image formation, to possess with step which removes unirradiated part of the aforementioned photosensitive substance making use of solvent, furthermore,

Portion where aforementioned photosensitive substance remains with step of the removal due to aforementioned solvent light wave conduction ridge \* pattern formation method of the polymer optical waveguide core which designates that it makes core in order to do as feature.

【請求項 2】 請求項 1 記載の方法であって、

前記液だめプールを予め形成する工程の後に、前記液だめプールの所定の位置に光ファイバーを設置するための溝部を形成する工程と、

前記液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、前記液だめプールに注入された前記液状の感光性物質と前記溝部に置かれた前記光ファイバーとの位置合わせを行う工程とをさらに有し、

前記コア部を前記光ファイバーのコア部と光接続することを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の方法であって、

前記液だめプールを予め形成する工程の後に、前記液だめプールの所定の位置に微小光学素子を設置するための溝部を形成する工程と、

前記液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、前記液だめプールに注入された液状の感光性物質と前記 V 溝あるいは矩形溝に置かれた微小光学素子との位置合わせを行う工程とをさらに有し、

前記コア部と前記微小光学素子と光接続することを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の方法であって、

前記微小光学素子は、レーザーダイオード (LD)、発光ダイオード (LED)、受光ダイオード (PD)、フィルター、レンズ、ミラー、回折格子、および偏光素子からなる群から選択されることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記液状の感光性物質は、反応性オリゴマーと光重合開始剤とからなることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

[Claim 2] Being a method which is stated in Claim 1,

After step which forms aforementioned liquid useless pool before hand, step which forms groove in order to install the optical fiber in specified position of aforementioned liquid useless pool.

After step which fills photosensitive substance of liquid to the aforementioned liquid useless pool, photosensitive substance of aforementioned liquid which was filled in aforementioned liquid useless pool is placed in aforementioned groove and step which does of the aforementioned optical fiber positioning furthermore possessing,

Aforementioned core and light of aforementioned optical fiber ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that you connect as feature.

[Claim 3] Being a method which is stated in Claim 1,

After step which forms aforementioned liquid useless pool before hand, step which forms groove in order to install the micro optical element in specified position of aforementioned liquid useless pool.

After step which fills photosensitive substance of liquid to the aforementioned liquid useless pool, photosensitive substance of liquid which was filled in aforementioned liquid useless pool is placed in the aforementioned V groove or rectangular slot and step which does of the micro optical element positioning furthermore possessing,

Aforementioned core and aforementioned micro optical element and light the ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that you connect as feature.

[Claim 4] Being a method which is stated in Claim 3,

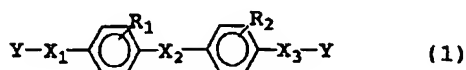
As for aforementioned micro optical element, laser diode (LD), light emitting diode (LED), incident light diode (PD), the filter, lens and mirror, ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is selected from diffracted light child, and group which consists of light polarizing element as feature.

[Claim 5] Being a method which is stated in any Claim of Claims 1 through 4,

As for photosensitive substance of aforementioned liquid, ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it consists of reactivity oligomer and photoinitiator as feature.

【請求項 6】 請求項 4 記載の液状の反応性オリゴマーが一般式 (1)

【化 1】



(式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一つのOH基を含む連結基を表わし、Yは重合活性基

【化 2】



または

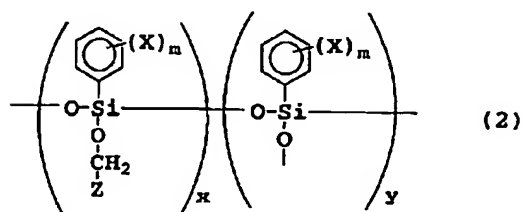
【化 3】



を示す)で表されるエポキシ系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 7】 請求項 4 に記載の方法であって、前記液状の反応性オリゴマーが一般式 (2)

【化 4】



(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。Zは下記式 (1) または (II) に示されるエポキシ基であり、

[Claim 6] Reactivity oligomer of liquid which is stated in Claim 4 General Formula (1)

[Chemical Formula 1]

(In Formula, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> to show hydrogen atom, halogen atom, alkyl group, the alkoxy group or trifluoromethyl group in respective independence, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> to include alkyl group, alkyl ether group and aromatic ring to display connecting group which at same time at least includes one OH group, as for Y polymerization activity basis

[Chemical Formula 2]

Or

[Chemical Formula 3]

It shows. ) With ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is a epoxy oligomer which is displayed as feature.

[Claim 7] Being a method which is stated in Claim 4, Reactivity oligomer of aforementioned liquid General Formula (2)

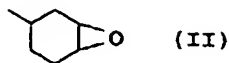
[Chemical Formula 4]

(In Formula, X displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group, m displays integer of 1 to 4. Z below-mentioned Formula (I) or (II) is epoxy group which is shown,

【化 5】



【化 6】

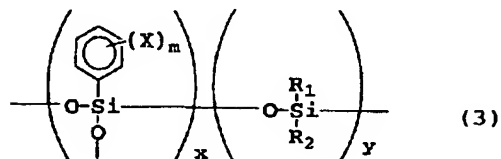


式中、 $x$ 、 $y$  は各ユニットの存在割合を示し、 $y$  は  $x$  よりも小さく 0 であってもよい) で表される液状シリコーンエポキシ系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 8】 請求項 4 に記載の方法であって、

前記液状の反応性オリゴマーが一般式 (3)

【化 7】



(式中、 $X$  は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、 $m$  は 1 ~ 4 の整数を表す。 $x$ 、 $y$  は各ユニットの存在割合を示し、 $x$ 、 $y$  ともに 0 であることはない。 $R_1$ 、 $R_2$  は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、 $R_1$  と  $R_2$  が相等しくてもよい) で表される液状シリコーン系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 9】 請求項 4 に記載の方法であって、

前記液状の反応性オリゴマーが一般式 (4)

[Chemical Formula 5]

[Chemical Formula 6]

In Formula,  $x, y$  shows existence fraction of each unit,  $y$  to be small all may be 0 in comparison with  $x$ . ) With ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is a liquid silicone epoxy oligomer which is displayed as feature.

[Claim 8] Being a method which is stated in Claim 4,

Reactivity oligomer of aforementioned liquid general formula (3)

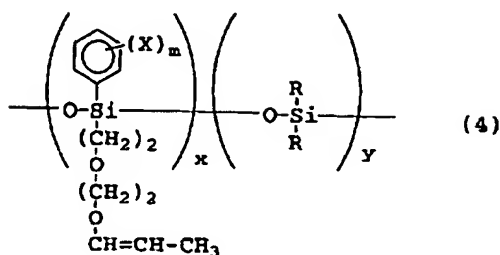
[Chemical Formula 7]

Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is a liquid state silicone type oligomer which is displayed with (In Formula,  $X$  displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group,  $m$  displays integer of 1 to 4.  $x, y$  shows existence fraction of each unit, both  $x, y$  are not times when it is a 0.  $R_1, R_2$  displays methyl group, ethyl group and isopropyl group,  $R_1$  and  $R_2$  maybe equal. ) as feature.

[Claim 9] Being a method which is stated in Claim 4,

Reactivity oligomer of aforementioned liquid general formula (4)

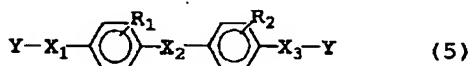
【化 8】



(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。Rは、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す) で表される液状シリコンビニルエーテルオリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項 10】 請求項 4 記載の液状の反応性オリゴマーが一般式 (5)

【化 9】



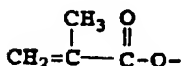
(式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、Yは重合活性基

【化 10】



または

【化 11】



を示す) のアクリル系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

[Chemical Formula 8]

Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is a liquid silicone vinyl ether oligomer which is displayed with (In Formula, X displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group, m displays integer of 1 to 4. x, y shows existence fraction of each unit, both x, y are not times when it is a 0. R, displays methyl group, ethyl group and isopropyl group. ) as feature.

[Claim 10] Reactivity oligomer of liquid which is stated in Claim 4 general formula (5)

[Chemical Formula 9]

(In Formula, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> hydrogen atom, halogen atom, alkyl group, to show alkoxy group or trifluoromethyl basis in respective independence, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> to include alkyl group, alkyl ether group and aromatic ring and display connecting group, as for Y polymerization activity basis

[Chemical Formula 10]

Or

[Chemical Formula 11]

It shows. ) ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which designates that it is an acrylic oligomer as feature.

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般光学や微小光学分野、光通信分野、および光情報処理分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路、光配線板等に利用可能で、かつ高分子材料を用いた光導波路に関するものであり、特に高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、スピンコート法やディップ法等によって高分子材料を薄膜化することは容易である。したがって、高分子材料は大面积の光導波路を作製するのに好適な材料として従来から知られている。また、高分子材料を用いる場合、成膜に際して高温での熱処理工程を必要としないことから、石英等の無機ガラス材料を用いる場合に比べて、半導体基板やプラスチック基板等、高温での熱処理が困難な基板上に光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子の柔軟性や強靱性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、高分子材料を用いて大量・安価に製造できることが期待されている。

【0003】従来、光学分野に適用される高分子材料は、耐熱性または耐湿性といった耐環境性の点で問題があるとされてきた。しかし、近年、ベンゼン環などの芳香族基を含ませること、あるいは無機高分子を用いることで耐熱性を向上させた材料が報告されている（例えば、特開平3-43423号）。このように、高分子材料は、薄膜形成が容易なこと、および成膜に際して高温処理を必要としないこと、さらに耐熱性や耐湿性といった問題点も改善されつつあるという利点を備えているため、光導波路の作成に用いる試みがなされている。

【0004】高分子材料からなる光導波路の作成方法としては、高分子材料の中にモノマーを含ませ、光照射によりモノマーと反応させ非照射部分との屈折率差を作るフォトリソグラフィあるいは選択光重合法（黒川ら、アプライドオプティクス17巻646ページ、1978年

## [Description of the Invention]

## [0001]

[Technological Field of Invention] As for this invention, general optics and minute optics field, with the useable, it is something regarding optical waveguide which at same time uses the polymeric material in various optical waveguide, optical integrated circuit and optical circuitry sheet etc which are used with optical communication field, and optical computing field, it regards ridge \* pattern formation method of especially polymer optical waveguide core.

## [0002]

[Prior Art] Generally, making thin film polymeric material it is easy with spin coating method and dip method etc to do. Therefore, as for polymeric material in order to produce optical waveguide of large surface area it is known from until recently as preferred material. In addition, when polymeric material is used, there is a benefit that can produce the optical waveguide, on substrate where thermal processing with high temperature is difficult such as semiconductor substrate and plastic substrate from fact that thermal processing step with high temperature is not needed in case of film formation, in comparison with when quartz or other inorganic glass material is used. Furthermore, also flexibility of polymer and production of flexible optical waveguide which utilizes toughness are possible. From such thing, optical integrated circuit which is used with field of optical communication and, it is expected that it can produce in large scale \* inexpensive optical circuitry sheet or other optical waveguide part which is used with field of optical computing, making use of polymeric material.

[0003] Polymeric material which until recently, is applied to optics field assumed that there is a problem in point of environmental resistance such as heat resistance or thermo moisture resistance. But, recently, benzene ring or other aromatic group is made to include, or material which improves has been reported heat resistance by fact that inorganic polymer is used, (for example Japan Unexamined Patent Publication Hei 3-43423 number). This way, as for polymeric material, thin film formation is easy, high temperature treatment is not needed and in case of film formation, because it has benefit that, furthermore also problem such as heat resistance and moisture resistance is being improved, the attempt which is used for compilation of optical waveguide has done.

[0004] Photo rocking or selective photopolymerization method which makes monomer include in the polymeric material as forming method of optical waveguide which consists of polymeric material, reacting with monomer with illumination, makes refractive index difference of unirradiated portion (



）、リソグラフィやエッチングなど半導体加工に用いる方法の適用（今村ら、エレクトロニクスレーター、27巻1342ページ、1991年）、感光性高分子あるいはレジストを用いた方法（トレウエラら、SPIE1177巻379ページ、1989年）がある。この中ではトレウエラの方法がもっとも簡易性が高く、量産性にも優れている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、高分子材料を用いた従来の感光材料は、該高分子材料の持つ特性と固体であるということから、厚膜にすればするほど、以下のような問題点が生ずる。すなわち、紫外および可視領域における散乱が大きく、光透過特性が劣化すること、特に厚膜時のパターン信頼性が低下すること、硬化した際に解像度が低下すること、作製する光導波路の損失にも悪影響を与えること等の欠点を有する。また透明性に対して材料の吸収損失等の低減が配慮されていないため、光導波路損失も高いという欠点を有する。このため、当該材料を用いて作製された光部品等の実用性が不十分な面があった。また耐熱性をあげるためのベンゼン環などの芳香族基を含む材料は、複屈折が大きいという別の欠点も有している。これは、そのような材料を用いて高分子薄膜を形成した場合、薄膜内で分子鎖、特にベンゼン環などの芳香族基が配向して光学的異方性を発現するためである。このため、当該材料を用いて作製された光導波路等は、偏波依存性を有しており、入射光の強度が一定であったとしても、偏波面の変動によりその出力特性が変動してしまう。そのため、特にシングルモード系の光導波路として実際に用いる場合にそのような偏波依存性が問題となる。このような偏波依存性を解消するためには、偏光子等と組み合わせて用いることが必要となり、実際には光デバイスの構成がかなり複雑になるという欠点がある。

【0006】また高分子材料を用いて光導波路を作る場合、凹凸があるとそれを乗り越える形になるために、光導波路と光ファイバーあるいは発光素子、受光素子を直接に接続することが不可能となる。そのため、各素子を別々に作り、ブロックで位置合わせして接続するか、あるいは光導波路を先に作り、あとで位置合わせした後、発光受光素子を組み込むなどの方策が必要となり、光部

Kurokawa and others, Applied optics Vol.71 646 page and 1978), application of method which is used for semiconductor processing such as lithography and etching (Imamura and others, electronics letter, Vol.27 1342 page and 1991), there is a method (pick-up ウエラ and others, SPIE11 Vol. 77 379 page and 1989) which uses photosensitive polymer or theresist. Among these method of pick-up ウエラ simplicity is highest, issuperior even in mass productivity.

## [0005]

[Problems to be Solved by the Invention] But, from notion that where, it designates conventional photosensitive material which uses the polymeric material, as thick film it is a characteristic and a solid which if said polymeric material has, like below extent and which are done problem occurs. scattering in namely, ultraviolet and visible region is large, light transmission characteristic deteriorates, it possesses thing or other deficiency which gives adverse effect to also loss of the optical waveguide where resolution decreases to occasion where pattern reliability at the time of especially thick film decreases, hardens, produces. In addition because absorption loss or other decrease of material is not considered vis-a-vis transparency, it possesses deficiency that also optical waveguide loss is high. Because of this, optical component or other practicality which is produced making use of this said material had insufficient aspect. In addition material which includes benzene ring or other aromatic group in order to increase the heat resistance, has had also another deficiency that birefringence is large. This when polymer thin film was formed making use of that kind of material, the molecular chain and especially benzene ring or other aromatic group orientation doing inside thin film, is in order to reveal optical anisotropy. Because of this, optical waveguide etc which is produced making use of the this said material had had polarization dependency, assuming, that strength of incident light was fixed, output characteristic fluctuates with fluctuation of polarization aspect. Because of that, that kind of polarization dependency becomes problem when it uses actually as optical waveguide of especially single mode type. In order to cancel this kind of polarization dependency, it becomes necessary to use combining with polarizer etc there is a deficiency that becomes actually constitution of optical device considerably complicated.

[0006] In addition when optical waveguide is made making use of polymeric material, when there is a relief, because it becomes shape which gets over that, it becomes impossible to connect optical waveguide and optical fiber or luminescent element and the photodetector directly. Because of that, it makes each element separately, positioning does with the block and connects, or makes optical waveguide first, positioning

品化の高コストを招く。

【0007】したがって、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、簡易なパタン形成能を有し、耐熱性及び耐湿性に優れ、複屈折が小さく、加工性に優れた液状反応性オリゴマーを用い、かつ簡易で量産性に優れた光部品との接続が容易に行える高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】したがって、上記課題を解決するために、本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法は、高分子光導波路のコア部に対応するリッジ・パターンを形成するための方法であって、高分子光導波路を形成すべき部分に液だめプールを予め形成する工程と、該液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程と、液だめプールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して光照射してパターン潜像を形成する工程と、該パターン潜像形成後、感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、溶媒による除去の工程で感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする。

【0009】好ましくは、液だめプールを予め形成する工程の後に、液だめプールの両側に光ファイバーを設置するための、例えばV溝または矩形溝のいずれかの形状からなる溝部を形成する工程と、液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、液だめプールに注入された液状の感光性物質と溝部に置かれた光ファイバーとの位置合わせを行う工程とをさらに有し、コア部を光ファイバーのコア部と光接続する。あるいは、好ましくは、液だめプールを予め形成する工程の後に、液だめプールの所定の位置に微小光学素子を設置するための、例えばV溝または矩形溝のいずれかの形状からなる溝部を形成する工程と、液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、液だめプールにためた液状の感光性物質とV溝あるいは矩形溝に置かれた微小光学素子との位置合わせを行う工程とをさらに有し、コア部と微小光学素子と光接続する方法としてもよい。後者の方法の場合、微小光学素子は、レーザーダイオード（LD）、発光ダイオード（LED）、受光ダイオード（PD）、フィルター、レンズ、ミラー、回折光子、および偏光素子

afterdoing, or other measure which installs light emission photodetector becomes necessary afterwards, causes high cost of optical component conversion.

[0007] Therefore, as for this invention considering above-mentioned situation, being something which you can do, it possesses simple patterning talent, is superior in heat resistance and moisture resistance, at same time being simple making use of liquid state reactivity oligomer to which birefringence is small, is superior in the fabricability, it is superior in mass productivity and it designates that the ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which can connect with optical component easily is offered as objective.

[0008]

[Means to Solve the Problems] Therefore, in order to solve above-mentioned problem, as for the ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention, being a method in order to form ridge \* pattern which corresponds to core of polymer optical waveguide, the step which forms liquid useless pool beforehand in portion which should form polymer optical waveguide. step which fills photosensitive substance of liquid to said liquid useless pool. illumination doing, through mask where specified ridge \* pattern was formed vis-a-vis photosensitive substance of liquid which was filled in liquid useless pool, step which forms pattern latent image. After said pattern latent image formation, it possesses with step which removes unirradiated part of photosensitive substance making use of solvent, furthermore, portion where the photosensitive substance remains with step of removal due to solvent light designates that it makes core in order wave conduction to do as feature.

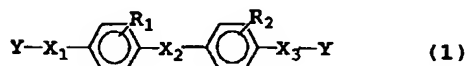
[0009] After step which forms preferably and liquid useless pool beforehand, step which forms groove which consists, of the for example V groove in order to install optical fiber in both sides of liquid useless pool or shape of any of rectangular slot. After step which fills photosensitive substance of liquid to liquid useless pool, furthermore it possesses with photosensitive substance of liquid which which was filled in liquid useless pool, is placed in the groove and step which does of optical fiber positioning core and light of optical fiber connects core. Or, after step which forms preferably and liquid useless pool beforehand, step which forms groove which consists, of the for example V groove in order to install microoptical element in specified position of liquid useless pool or shape of any of rectangular slot. After step which fills photosensitive substance of liquid to liquid useless pool, furthermore it possesses with photosensitive substance of liquid which which is accumulated to liquid useless pool, is placed in the V groove or rectangular slot and step which does of microoptical element positioning it is possible core and microoptical element and light as method

からなる群から選択されるものが好ましい。

【0010】上記のいずれかの方法において、液状の感光性物質は、反応性オリゴマーと光重合開始剤とからなるものとしてもよい。この場合、液状の反応性オリゴマーが以下の一般式(1)ないし(5)のいずれかで表されるオリゴマー化合物であることが好ましい。

【0011】

【化12】



【0012】(式中、 $R_1$ 、 $R_2$  はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一つのOH基を含む連結基を表わし、Yは重合活性基、

【0013】

【化13】



【0014】または

【0015】

【化14】



【0016】で示される。)

【0017】

which is connected. In case of method of the latter, as for microoptical element, laser diode (LD), the light emitting diode (LED), incident light diode (PD), filter, lens and mirror, those which are selected from diffracted light child, and group which consists of the light polarizing element are desirable.

[0010] Regarding to method of above-mentioned any, photose nsitive substance of the liquid is possible as consists of reactivity oligomer and photoinitiator. In this case, it is desirable to be a oligomeric compound where reactivity oligomer of the liquid is displayed with General Formula (1) below or any of (5).

[0011]

[Chemical Formula 12]

[0012] (In Formula,  $R_1$ ,  $R_2$  to show hydrogen atom, halogen atom, alkyl group, the alkoxy group or trifluoromethyl group in respective independence,  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  to include alkyl group, alkyl ether group and aromatic ring, to display connecting group which at same time at least includes one OH group, as for Y polymerization activity basis,

[0013]

[Chemical Formula 13]

[0014] Or

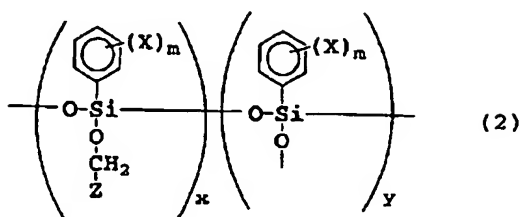
[0015]

[Chemical Formula 14]

[0016] So it is shown.)

[0017]

【化15】



【0018】（式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。Zは下記式（I）または（II）に示されるエポキシ基であり、

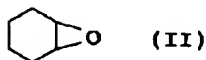
【0019】

【化16】



【0020】

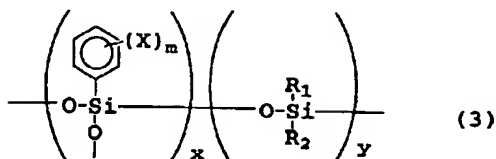
【化17】



【0021】式中、x、yは各ユニットの存在割合を示し、yはxよりも小さく0であってもよい

【0022】

【化18】



【0023】（式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。R1、R2は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、R1とR2が相等しくてもよい

【0024】

[Chemical Formula 15]

[0018] (In Formula, X displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group, m displays integer of 1 to 4. Z below-mentioned Formula (I) or (II) is epoxy group which is shown,

[0019]

[Chemical Formula 16]

[0020]

[Chemical Formula 17]

[0021] In Formula, x,y shows existence fraction of each unit, y to be small may be 0 in comparison with x. )

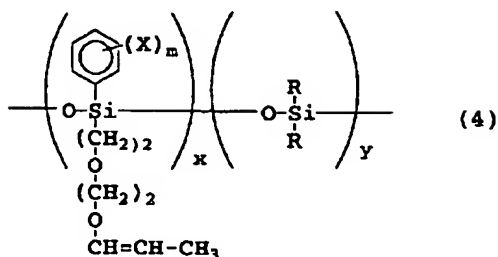
[0022]

[Chemical Formula 18]

[0023] (In Formula, X displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group, m displays integer of 1 to 4. x,y shows existence fraction of each unit, both x,y are not times when it is a 0. R1, R2, displays methyl group, ethyl group and isopropyl group, R1 and R2 may be equal. )

[0024]

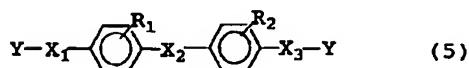
【化 19】



【0025】(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。Rは、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す)

【0026】

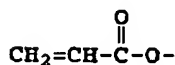
【化20】



【0027】(式中、 $R_1$ 、 $R_2$  はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフロロメチル基を示し、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、 $Y$  は重合活性基

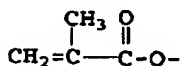
**[ 0 0 2 8 ]**

【化 2 1】



【0029】

【化 2 2】



【0030】を示す。)

ここで、本発明に適用される感光性物質が液状の反応性オリゴマーであることの利点をまとめて記す。

【0031】（１）光硬化する前の状態が液体であり、

[Chemical Formula 19]

[0025] (In Formula, X displays hydrogen atom, deuterium atom, halogen atom, the alkyl group and alkoxy group, m displays integer of 1 to 4. x<sub>1</sub> shows existence fraction of each unit, both x<sub>1</sub> are not times when it is a 0. R<sub>1</sub> displays methyl group, ethyl group and isopropyl group. )

[0026]

[Chemical Formula 20]

[0027] (In Formula, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> hydrogen atom, halogen atom, alkyl group, to show alkoxy group or trifluoromethyl basis in respective independence, X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> to include alkyl group, alkyl ether group and aromatic ring and display connecting group, as for Y polymerization activity basis

[0028]

[Chemical Formula 21]

[0029]

[Chemical Formula 22]

[0030] It shows. )

Here, collecting benefit of thing where photosensitive substance which is applied to this invention is reactivity oligomer of liquid, you inscribe.

[0031] (1) Photocuring before doing, state to be liquid, because

均一性を高くできるので、紫外、可視域の光透過特性に優れ、光照射により硬化する膜が厚くなっても十分な解像度を有する。

【0032】(2) 光硬化する前の状態が液体であるため、凹凸を有する部分があっても平坦化が可能で、くまなく浸透し、さまざまな形状に対応した膜形成が容易となる。

【0033】(3) オリゴマーがランダムに連結され硬化するため、硬化した際の材料の複屈折性を小さくすることが可能である。

【0034】

【発明の実施の形態例】以下、本発明の高分子光導波路を実施の形態例にもとづいて詳細に説明する。

【0035】本発明のエポキシ系オリゴマー材料の高分子化は、一般式(1)、(2)で表される成分中に含まれるエポキシ基間の光による結合によって架橋することで行われる。架橋反応を効率よく十分に起こさせるためには、光重合開始剤を添加することが望ましい。光重合開始剤としては、一般に光重合開始剤として用いられているものであればよく、スルフォニウム塩、オスmium塩等の光カチオン重合開始剤が代表的なものとしてあげられる。

【0036】また本発明のシリコン系オリゴマー材料の高分子化は、感光剤とオリゴマーの反応による場合も含まれる。感光剤としては、アジドピレンなどのアジド化合物、4,4'-ジアジドベンザルアセトン、2,6-ジ- (4'-アジドベンザル) シクロヘキサノン、2,6-ジ- (4'-アジドベンザル) -4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物、ジアゾ化合物が代表的なものである。

【0037】また本発明のアクリル系オリゴマー材料の高分子化は、感光剤とオリゴマーの反応による。感光剤としては、ジフェニルトリケトンベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾフェノン、アセトフェノン、ジアセチル等のカルボニル化合物や過酸化ベンゾイルなどの過酸化物、アゾビスイソブチロニトリルなどのアゾ化合物、アジドピレンなどのアジド化合物、4,4'-ジアジドベンザルアセトン、2,6-ジ- (4'-アジドベンザル) シクロヘキサノン、2,6-ジ- (4'-アジドベンザル) -4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物、ジアゾ化合物が代表的なものである。

【0038】本発明に従って、した反応性オリゴマー材

uniformity can be made high, it is superior in light transmission characteristic of ultraviolet and the visible region, film which is hardened with illumination becoming thick, it possesses sufficient resolution.

[0032] (2) Because photocuring before doing, state is liquid, there being a portion which possesses relief, planarization being possible, it permeates all over, film formation which corresponds to various shape becomes easy.

[0033] (3) In order oligomer is connected by random and to harden, case where it hardens it is possible to make birefringence of material small.

[0034]

[Embodiment of Invention example] Below, polymer optical waveguide of this invention is explained in detail on basis of the embodiment.

[0035] Polymerization of epoxy oligomer material of this invention is done by fact that crosslinking it does by connection with light between epoxy group which is included in component which is displayed with General Formula (1), (2). In order to cause crosslinking reaction efficiently in fully, it is desirable to add photoinitiator. As photoinitiator, generally if something which is used as photoinitiator it should have been, it can increase sulfonium salt and osmium salt or other photocationic polymerization initiator making representative ones.

[0036] In addition polymerization of silicone type oligomer material of this invention is included, when due to reaction of photosensitizer and oligomer. As photosensitizer, azido pyrene or other azide compound, 4,4'-di azido benzal acetone and 2,6-di - (4' - azido benzal ) cyclohexanone, the 2,6-di - (4' - azido benzal ) - 4 - methyl cyclohexanone or other bisazide compound, diazo compound is representative ones.

[0037] In addition polymerization of acrylic oligomer material of this invention is due to reaction of photosensitizer and oligomer. As photosensitizer, biphenyl triketone benzoin, benzoin methyl ether, benzophenone, acetophenone, diacetyl or other carbonyl compound and benzoyl peroxide or other peroxide, azobisisobutyronitrile or other azo compound, azido pyrene or other azide compound and 4,4'-di azo benzal acetone, 2,6-di - (4' - azido benzal ) cyclohexanone, 2,6-di - (4' - azido benzal ) - 4 - methyl cyclohexanone or other bisazide compound, diazo compound is representative ones.

[0038] Following to this invention, when it produces optical wa

料を用いて光導波路を作製する場合、その工程は以下のように行うことができる。すなわち、オリゴマーを基板あるいはクラッド上に塗布、あるいは液ダメに入れ、位置合わせして、マスクを通して光照射し、照射していない部分を溶媒で溶解除去することにより光導波路リッジ・パターンを形成する。こうして作製された光導波路は、耐溶剤性に優れ、また高分子化する時に配向がないため複屈折を低減でき、そのために偏波依存性が小さく、かつ低導波損失で、耐熱性、耐湿性に優れている。

[0039]

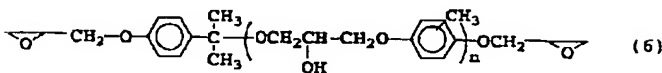
【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0040】＜実施例１＞図１は、本発明にもとづく高分子光導波路パターン形成方法の一例の各工程を説明するための模式図である。

【0041】まずはじめに、以下に示した構造式（１）を有する液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤２重量％とを含む溶液１０を調製した。

[0042]

[化２３]



【0043】（式中、 $n=1, 2$ 、または $3$ ）つぎに、図１（ａ）に示した深さ $40\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ１１を有する厚さ $100\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂１２ａが基板１２ｂ上に形成されたプラットフォーム１２を用意した。このエポキシ樹脂１２ａの屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ であった。

【0044】このプラットフォーム１２の液だめ１１にこの溶液１０を注入した（図１（ａ））。溶液注入後、プラットフォーム１２上に図１（ｂ）に示したような光導波路パターンを有するマスク１３を介して紫外線（ＵＶ）光１４を照射した（図１（ｃ））。この際、ＵＶ光照射量は $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク１３のスリットパターン１３ａに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図１（ｄ）に示すよ

veguide making use of thereactivity oligomer material which it does, like below to do it is possible step. It applies namely, oligomer on substrate or cladding, or inserts in liquid useless, positioning does, illumination it does through mask, it forms the optical waveguide ridge \* pattern portion which is not irradiated by dissolution and removal doing with the solvent. In this way, optical waveguide which is produced to be superior be able to decrease birefringence in addition when polymerization doing because there is not an orientation, in solvent resistance, polarization dependency is small because of that, at same time in low wave conduction loss, is superior in heat resistance and the moisture resistance.

[0039]

[Embodiment of Invention] Below, this invention furthermore is explained concretely with Working Example, but this invention is not something which is limited in these Working Example.

[0040] <Working Example 1> Figure 1 is schematic diagram in order to explain each step of one example of the polymer optical waveguide pattern formation method which is based on this invention.

[0041] First in beginning, solution 10 which includes with epoxy oligomer and the photoinitiator 2 wt% of liquid state which possesses structural formula (1) which is shown below the was manufactured.

[0042]

[Chemical Formula 23]

[0043] (In Formula,  $n=1, 2$  or  $3$ ) Next, platform 12 where epoxy resin 12a of thickness  $100\mu\text{m}$  which possesses liquid uselessness 11 of depth  $40\mu\text{m}$  × width  $50\text{mm}$  × length  $50\text{mm}$  which is shown in Figure 1 (a) was formed on the substrate 12b was prepared. index of refraction of this epoxy resin 12a was 1.52 with wavelength  $0.85\mu\text{m}$ .

[0044] This solution 10 was filled to liquid uselessness 11 of this platform 12 (Figure 1 (a)). After solution filling and on platform 12, through mask 13 which possesses kind of optical waveguide pattern which is shown in Figure 1 (b) ultraviolet light (UV) optical 14 was irradiated (Figure 1 (c)). In this case, UV light irradiation dose was  $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ . after that, when this sample was developed with isopropanol solution, only photoirradiated part epoxy oligomer of liquid state could harden in accordance with the slit pattern 13a of mask 13, could

うな形状のリッジ・パターン15が作製できた。硬化後の屈折率は波長0.85  $\mu\text{m}$ で1.535であった。その後、このリッジ・パターン15に光硬化時の屈折率が波長0.85  $\mu\text{m}$ で1.52になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布して硬化し、光導波路を作製した。この操作により屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド16、1.535の屈折率のUV硬化エポキシ樹脂からなるコア部17を有するマルチモードチャンネル光導波路18(深さ40  $\mu\text{m}$ 幅40  $\mu\text{m}$ )が作製できた(図1(e)参照)。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長0.85  $\mu\text{m}$ で1 dB以下、1.3  $\mu\text{m}$ で1.5 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で3.0 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3  $\mu\text{m}$ でも波長1.55  $\mu\text{m}$ でも0.1 dB以下でもあった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0045】<実施例2>実施例1と同様な方法により液状のエポキシオリゴマーを用い、深さ8  $\mu\text{m}$ ×幅50 mm×長さ50 mmの液だめ11を利用してシングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8  $\mu\text{m}$ 、幅8  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  0.3%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3  $\mu\text{m}$ で1.5 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で3.0 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3  $\mu\text{m}$ でも波長1.55  $\mu\text{m}$ でも0.1 dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0046】<実施例3>実施例1と同様な方法により、以下の構造式(2)(分子量2,000)で表される液状シリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、シングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8  $\mu\text{m}$ 、幅8  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  0.3%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3  $\mu\text{m}$ で1.0 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で1.5 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3  $\mu\text{m}$ でも波長1.55  $\mu\text{m}$ でも0.1 dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0047】

produce ridge \* pattern 15 of kind of shape which is shown in Figure 1 (d). index of refraction after hardening was 1.535 with wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  after that, index of refraction at time of photocuring being the wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  in this ridge \* pattern 15, in order to become 1.52, applying epoxy resin which was adjusted, it hardened, produced optical waveguide. It could produce multiple modes channel optical waveguide 18 (depth 40  $\mu\text{m}$  width 40  $\mu\text{m}$ ) which possesses core 17 which consists of the UV hardening epoxy resin of index of refraction of cladding 16, 1.535 which consists of epoxy resin of the index of refraction 1.52 with this operation (Figure 1 (e) reference). This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  with 1 dB or less and 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 3.0 dB or less with 1.5 dB or less and wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss in wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  also also being 0.1 dB or less. Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH. INDEX 59 TRANSLATED AS: wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ ..

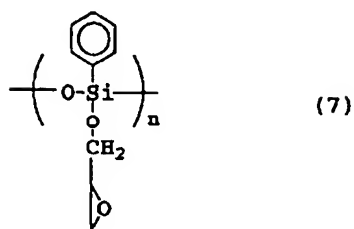
[0045] <Working Example 2> Channel optical waveguide (depth 8  $\mu\text{m}$ , width 8  $\mu\text{m}$  and  $n$  0.3%) for single mode was produced with Working Example 1 and same method making use of epoxy oligomer of liquid, making use of liquid useless 11 of depth 8  $\mu\text{m}$  X width 50 mm X length 50 mm. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 3.0 dB or less with 1.5 dB or less and the wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss with wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  and was 0.1 dB or less with wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH.

[0046] <Working Example 3> Channel optical waveguide (depth 8  $\mu\text{m}$ , width 8  $\mu\text{m}$  and  $n$  0.3%) for single mode was produced by Working Example 1 and same method, making use of solution which adjusted liquid state silicone epoxy oligomer and photoinitiator 2 wt% which are displayed with structural formula (2) (molecular weight 2,000) below. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 1.5 dB or less with 1.0 dB or less and the wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss with wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  and was 0.1 dB or less with wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH.

[0047]



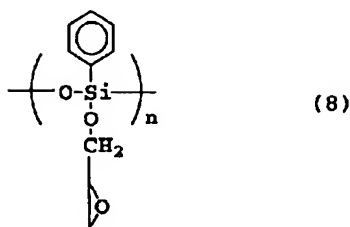
【化 2 4】



【0048】<実施例4>実施例1と同様な方法により、以下の構造式(2)(分子量2,000)で表される液状シリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、マルチモード用のチャンネル光導波路(深さ40 $\mu$ m、幅40 $\mu$ m、 $\Delta n$ 1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、0.85 $\mu$ mで1.0dB以下、波長1.30 $\mu$ mで1.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長0.85 $\mu$ mでも波長1.3 $\mu$ mでも0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75 $^{\circ}$ C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0049】

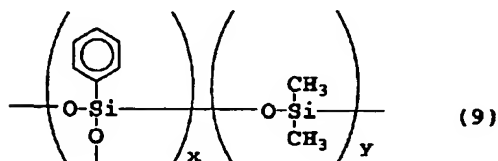
【化 2 5】



【0050】<実施例5>実施例1と同様な方法により、下記構造式(3)(分子量3,000)で表される液状シリコンオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、シングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8 $\mu$ m、幅8 $\mu$ m、 $\Delta n$ 0.3%)を作製した。

【0051】

【化 2 6】



[Chemical Formula 24]

[0048] <Working Example 4> Channel optical waveguide (depth 40  $\mu$ m, width 40  $\mu$ m and  $n$ 1%) for multiple modes was produced by Working Example 1 and same method, making use of solution which adjusted liquid state silicone epoxy oligomer and photoinitiator 2 wt% which are displayed with structural formula (2)(molecular weight 2,000) below. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with 0.85  $\mu$ m it was a 1.0 dB or less with 1.0 dB or less and the wavelength 1.30  $\mu$ m. In addition, polarization dependency of insertion loss with wavelength 0.85  $\mu$ m and was 0.1 dB or less with wavelength 1.3  $\mu$ m. Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75  $^{\circ}$ C/90%RH.

[0049]

[Chemical Formula 25]

[0050] <Working Example 5> Channel optical waveguide (depth 8  $\mu$ m, width 8  $\mu$ m and  $n$ 0.3%) for single mode was produced by Working Example 1 and same method, making use of solution which adjusted liquid state silicone oligomer and photoinitiator 2 wt% which are displayed with below-mentioned structural formula (3)(molecular weight 3,000).

[0051]

[Chemical Formula 26]

【0052】(式中、 $x:y=7:4$ )この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3  $\mu\text{m}$ で1.5 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で3.0 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3  $\mu\text{m}$ でも波長1.55  $\mu\text{m}$ でも0.1 dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0053】つぎに同様な液状シリコンオリゴマーを用い、実施例1と同様な方法によりマルチモード用光導波路(深さ40  $\mu\text{m}$ 、幅40  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長0.85  $\mu\text{m}$ で1.0 dB以下、1.3  $\mu\text{m}$ で0.55 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で1.0 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は0.1 dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0054】<実施例6>実施例1と同様な方法により、下記構造式(4)(分子量3,000)で表される液状シリコンビニルエーテルオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、実施例1と同様な方法によりマルチモード用光導波路(深さ40  $\mu\text{m}$ 、幅40  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長0.85  $\mu\text{m}$ で1.0 dB以下、波長1.3  $\mu\text{m}$ で0.5 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で1.0 dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は0.1 dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75°C/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0055】さらに同種の材料を用いてシングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8  $\mu\text{m}$ 、幅8  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  0.3%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5 cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3  $\mu\text{m}$ で1.5 dB以下、波長1.55  $\mu\text{m}$ で3.0 dB以下であった。

【0056】

[0052] (In Formula,  $x:y=7:4$ ) This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 3.0 dB or less with 1.5 dB or less and the wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss with wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  and was 0.1 dB or less with wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH.

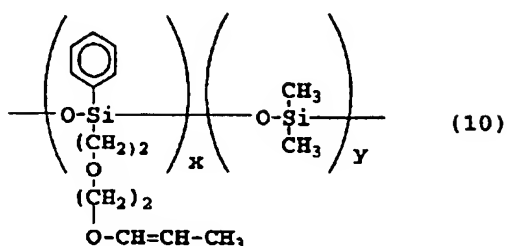
[0053] Next optical waveguide (depth 40  $\mu\text{m}$ , width 40  $\mu\text{m}$  and  $n1\%$ ) for multiple modes was produced making use of similar liquid state silicone oligomer, with Working Example 1 and same method. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  with 1.0 dB or less and 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 1.0 dB or less with 0.55 dB or less and wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss was 0.1 dB or less. Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH.

[0054] <Working Example 6> Optical waveguide (depth 40  $\mu\text{m}$ , width 40  $\mu\text{m}$  and  $n1\%$ ) for multiple modes was produced by Working Example 1 and same method, making use of solution which adjusted liquid state silicone vinyl ether oligomer and photoinitiator 2 wt% which are displayed with below-mentioned structural formula (4) (molecular weight 3,000), with Working Example 1 and the same method. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  with 1.0 dB or less and wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  with the 0.5 dB below, it was a 1.0 dB or less with wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of insertion loss was 0.1 dB or less. Furthermore, loss of this optical waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of 75 °C/90 %RH.

[0055] Furthermore channel optical waveguide (depth 8  $\mu\text{m}$ , width 8  $\mu\text{m}$  and  $n0.3\%$ ) for single mode was produced making use of the material of same kind. This optical waveguide was cut in length of 5 cm with dicing saw, when the insertion loss was measured, with 1.3  $\mu\text{m}$  it was a 3.0 dB or less with 1.5 dB or less and the wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ .

[0056]

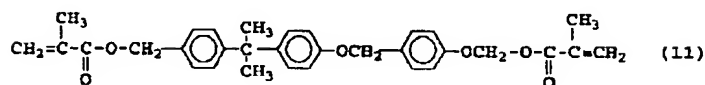
【化 27】

【0057】(式中、 $x : y = 1 : 1$ )

<実施例 7> 以下に示した構造式 (5) を有する液状の  
アクリルオリゴマーと光重合開始剤 2 重量%を調整した  
溶液を準備した。

【0058】

【化 28】



【0059】 つぎに、実施例 1、2 と同様な方法により  
光導波路を作製した。

【0060】 作製したマルチモード用光導波路 (深さ 4  
0  $\mu\text{m}$ 、幅 40  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  1%) をダイシングソーに  
よって 5 cm の長さに切り出し、挿入損失を測定したと  
ころ、波長 0.85  $\mu\text{m}$  で 1.0 dB 以下、1.3  $\mu\text{m}$   
で 0.5 dB 以下、波長 1.55  $\mu\text{m}$  で 5.0 dB 以下  
であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 1.3  $\mu\text{m}$   
でも波長 1.55  $\mu\text{m}$  でも 0.1 dB 以下であった。  
さらに、この光導波路の損失は 75°C/90%RH の  
条件下においても 1 箇月以上変動しなかった。シングル  
モード用光導波路 (深さ 8  $\mu\text{m}$ 、幅 8  $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$  0.3  
%) の損失は 1.3  $\mu\text{m}$  で 0.5 dB 以下、波長 1.5  
5  $\mu\text{m}$  以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波  
長 1.3  $\mu\text{m}$  でも波長 1.55  $\mu\text{m}$  でも 0.1 dB 以下  
であった。

【0061】 <実施例 8> 実施例 1 で用いた液状のエポ  
キシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量%を調整した溶液  
20 を準備した。

【0062】 つぎに、図 2 (a) に示すように、深さ 4  
0  $\mu\text{m}$  × 幅 50 mm × 長さ 50 mm の液だめ 21 を有し  
、その液だめをはさんで半導体レーザ光源 22 (発振波  
長 0.85  $\mu\text{m}$ )、受光器 23 が相対して配置された厚  
さ 100  $\mu\text{m}$  のエポキシ樹脂が基板上に形成されたプラ  
ットフォーム 24 を用意した。発光面 22 の深さは基板

[Chemical Formula 27]

[0057] (In Formula,  $x : y = 1 : 1$ )

<Working Example 7> Acrylic oligomer of liquid state which po  
ssesses structural formula (5) which is shown below and solution  
which adjusted photoinitiator 2 wt% were prepared.

[0058]

[Chemical Formula 28]

[0059] Next, optical waveguide was produced with Working Ex  
ample 1, 2 and same method.

[0060] Optical waveguide (depth 40  $\mu\text{m}$ , width 40  $\mu\text{m}$  and  
 $\Delta n$  1%) for multiple modes which it produces was cut in  
length of the 5 cm with dicing saw, when insertion loss was  
measured, with wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  with 1.0 dB or less and 1.3  
 $\mu\text{m}$  it was a 5.0 dB or less with 0.5 dB or less and the  
wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ . In addition, polarization dependency of  
insertion loss with wavelength 1.3  $\mu\text{m}$  and with wavelength 1.55  
 $\mu\text{m}$  was below with 0.1 dB. Furthermore, loss of this optical  
waveguide 1 above month did not fluctuate in under condition of  
75°C/90%RH. Loss of optical waveguide (depth 8  $\mu\text{m}$ ,  
width 8  $\mu\text{m}$  and  $\Delta n$  0.3%) for single mode was 0.5 dB or less  
and wavelength 1.55  $\mu\text{m}$  or less with the 1.3  $\mu\text{m}$ . In addition,  
polarization dependency of insertion loss with wavelength 1.3  
 $\mu\text{m}$  and was 0.1 dB or less with wavelength 1.55  $\mu\text{m}$ .

[0061] <Working Example 8> Epoxy oligomer of liquid which i  
s used with Working Example 1 and solution 20 which adjusted  
photoinitiator 2 wt% were prepared.

[0062] As next, shown in Figure 2(a), it possessed liquid use less  
21 of the depth 40  $\mu\text{m}$  × width 50 mm × length 50 mm,  
putting between that liquid use less and semiconductor laser light  
source 22 (excitation wavelength 0.85  $\mu\text{m}$ ) and the light  
receiver 23 facing, it prepared platform 24 where epoxy resin  
of thickness 100  $\mu\text{m}$  which is arranged was formed on substrate.

上面から  $80\text{ }\mu\text{m}$  で発光面積は  $2 \times 5\text{ }\mu\text{m}$ 、受光面 23 は  $50\text{ }\mu\text{m}$  である。受光、発光の中心は基板から深さ  $80\text{ }\mu\text{m}$  にあわせている。このエポキシ樹脂の屈折率は波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.52 であった。つぎに液だめ 21 に溶液 20 を注入した (図 2 (a))。この際注入する溶液 20 の量を制御してその後、図 2 (b) に示したような光導波路パターンを有するマスク 25 越しに UV 光 26 を照射した (図 2 (c))。照射量は  $2000\text{ mJ/cm}^2$  であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク 25 のリッジ・パターン 25a に従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図 2 (d) に示すような形状のリッジ・パターン 27 が作製できた。硬化後の屈折率は波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.535 であった。その後、このリッジ・パターンに屈折率は波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.52 エポキシ樹脂を塗布して光導波路を作製した。この操作により屈折率 1.52 のエポキシ樹脂からなるクラッド 28、1.535 の屈折率のエポキシ UV 硬化性樹脂からなるコア部 27 を有するチャンネル光導波路 29 (深さ  $45\text{ }\mu\text{m}$ 、幅  $45\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 1\%$ ) で光送受信デバイスをインターコネクトした光導波路素子 200 が作製できた (図 2 (e))。この光導波路 22 より光を導入したところ、結合損失  $0.5\text{ dB}$ 、受光側の結合損失が  $0.5\text{ dB}$  程度であった。

【0063】<実施例 9> 図 3 (a) に示した様に中央部分に深さ  $100\text{ }\mu\text{m}$  × 幅  $20\text{ }\mu\text{m}$  × 長さ  $20\text{ mm}$  の溝 31 を有する深さ  $40\text{ }\mu\text{m}$  × 幅  $50\text{ mm}$  × 長さ  $50\text{ mm}$  の液だめ 32 を有する厚さ  $100\text{ }\mu\text{m}$  のエポキシ樹脂が基板上に形成されたプラットフォーム 33 を用意した。このエポキシ樹脂の屈折率は波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.52 であった。つぎに 31 の溝に波長フィルター 34 (波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  のみ透過するフィルター) を注入し、液だめ 31 に実施例 1 の液 10 を注入した。この際注入する液 10 の量は精密を制御されている。その後、図 3 (b) に示したような光導波路リッジ・パターンを有するマスク 35 越しに UV 光 36 を照射した (図 3 (c))。照射量は  $2000\text{ mJ/cm}^2$  であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク 35 のスリットパターン (リッジ・パターン) 35a に従い、光照射部のみ液状エポキシオリゴマーが硬化し、図 3 (d) に示すような形状のリッジ・パターン 37 が作製できた。硬化後の屈折率は波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.535 であった。その後屈折率が波長  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  で 1.52 になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布した。この操作により屈折率 1.52 の光硬化した UV 硬化エポキシ樹脂からなるクラッド 38、1.535 の屈折率の UV 硬化エポキシ樹脂からなるコア部 39 を有する波長フィルター付きチャンネル光導波路、波長分離部

As for depth of light-emitting surface 22 from substrate upper surface as for light-emitting surface area as for the  $2 \times 5\text{ }\mu\text{m}$  and light-receiving surface 23 it is a  $50\text{ }\mu\text{m}$  with  $80\text{ }\mu\text{m}$ . From substrate it adjusts center of incident light and light emitting to the depth  $80\text{ }\mu\text{m}$ . index of refraction of this epoxy resin was 1.52 with wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ . solution 20 was filled to liquid useless 21 next (Figure 2(a)). In this case controlling quantity of solution 20 which is filled, after that, it irradiated UV light 26 to mask 25 crossing over which possesses kind of optical waveguide pattern which is shown in Figure 2(b) (Figure 2(c)). irradiation dose was  $2000\text{ mJ/cm}^2$ . after that, when this sample was developed with isopropanol solution, only photoirradiated part epoxy oligomer of liquid could harden in accordance with the ridge \* pattern 25a of mask 25, could produce ridge \* pattern 27 of kind of shape which is shown in Figure 2(d). index of refraction after hardening was 1.535 with wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ . after that, index of refraction applying 1.52 epoxy resin with wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ , produced optical waveguide in this ridge \* pattern. interconnect is done optical waveguide element 200 which could produce optical transmission and reception device with the channel optical waveguide 29 (depth  $45\text{ }\mu\text{m}$ , width  $45\text{ }\mu\text{m}$  and  $n1\%$ ) which possesses cladding 28 which consists of epoxy resin of the index of refraction 1.52 with this operation and core 27 which consists of the epoxy UV hardening resin of index of refraction of 1.535 (Figure 2(e)). From this optical waveguide 22 when light is introduced, bonding loss of bonding loss  $0.5\text{ dB}$  and incident light side was  $0.5\text{ dB}$  extent.

[0063] <Working Example 9> As shown in Figure 3 (a), platform 33 where epoxy resin of thickness  $100\text{ }\mu\text{m}$  which possesses liquid useless 32 of depth  $40\text{ }\mu\text{m}$  × width  $50\text{ mm}$  × length  $50\text{ mm}$  which possesses the slot 31 of depth  $100\text{ }\mu\text{m}$  × width  $20\text{ }\mu\text{m}$  × length  $20\text{ mm}$  in center part was formed on substrate was prepared. index of refraction of this epoxy resin was 1.52 with wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ . wavelength filter 34 (Only wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$  transmits filter) was filled to slot of 31 next, liquid 10 of the Working Example 1 was filled to liquid useless 31. In this case quantity of liquid 10 which is filled has been controlled precision. after that, UV light 36 was irradiated to mask 35 crossing over which possesses kind of optical waveguide ridge \* pattern which is shown in Figure 3(b) (Figure 3(c)). irradiation dose was  $2000\text{ mJ/cm}^2$ . after that, when this sample was developed with isopropanol solution, only photoirradiated part liquid epoxy oligomer could harden in accordance with slit pattern (ridge \* pattern) 35a of the mask 35, could produce ridge \* pattern 37 of kind of shape which is shown in Figure 3(d). index of refraction after hardening was 1.535 with wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ . after that index of refraction being wavelength  $0.85\text{ }\mu\text{m}$ , in order to become the 1.52, epoxy resin which was adjusted was applied. photocuring of index of refraction 1.52 wavelength filter equipped channel optical waveguide which possesses the cladding 38 which consists of UV

品300(深さ45 $\mu$ m幅45 $\mu$ m、 $\Delta n$ 1%)が作製できた(図3(e))。この光導波路に0.85 $\mu$ m、1.3 $\mu$ mの光を導入したところ、0.85 $\mu$ mの光は参照符号301のポート1より、また1.3 $\mu$ mの光は参照符号302のポート2より出射する波長分離特性が十分示された。挿入損失1.5dB、波長のアイソレーションは0.85 $\mu$ m帯で40dB程度であった。

【0064】<実施例10>図4(a)に示したように、深さ100 $\mu$ m×幅126 $\mu$ m×長さ5mmの凹部41を両末端に有する深さ40 $\mu$ m×幅50mm×長さ50mmの液だめ42を有する厚さ100 $\mu$ mのエポキシ樹脂が基板上に形成されたプラットフォーム43を用意した。このエポキシ樹脂の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.52であった。つぎに参照符号41の凹部に光ファイバー44(125 $\mu$ m外径、コア径50 $\mu$ m)を注入して、接着剤で固定した(図4(b))。つぎに液だめ42に実施例1の液10を注入した。この際、液10の注入量は精密に制御されている。その後、図4(c)に示したような光導波路リッジ・パターン45aを有するマスク45越しにUV光46を照射した(図4(d))。照射量は2000mJ/cm<sup>2</sup>であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク47のリッジ・パターン45aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図4(e)に示すような形状のリッジ・パターン48が作製できた。硬化後の屈折率は波長0.85 $\mu$ mで1.535であった。その後、屈折率が波長0.85 $\mu$ mで1.52になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布して光硬化した。この操作により屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド49、1.535の屈折率のUV硬化エポキシ樹脂からなるコア部400を有する光ファイバー付きチャネル光導波路401(深さ45 $\mu$ m幅45 $\mu$ m、 $\Delta n$ 1%)が作製できた(図4(f))。この光導波路に0.85 $\mu$ m、1.3 $\mu$ mの光を導入したところ、0.85 $\mu$ mの光は光ファイバー44より出射し、その挿入損失は1.5dB程度であった。

【0065】なお、液状エポキシオリゴマーの代わりに、本発明の液状シリコンエポキシオリゴマー、液状シリコンオリゴマー、液状シリコンビニルエーテルオリゴマーを用いても実施例8ないし10と同等の性能を有する部品が作製できた。

【0066】<実施例11>実施例9において用いた波長板のかわりに図5に示したような回折格子50を挿入し、実施例9と同様な波長分離素子を作製し、0.85

hardening epoxy resin which is done and core 39 which consists of UV hardening epoxy resin of index of refraction of 1.535, it could produce the wavelength separation part item 300 (depth 45 m width 45 m and  $n_1$  %) with this operation (Figure 3 (e)). wavelength separation characteristic which in this optical waveguide introduction it is place, as for light of 0.85 m from port 1 of reference number 301, in addition as for light of 1.3 m radiation does light of 0.85 m and 1.3 m from port 2 of reference number 302 was shown fully. isolation of insertion loss 1.5 dB and wavelength was 40 dB extent with 0.85 m band.

[0064] <Working Example 10> As shown in Figure 4 (a), platform 43 where epoxy resin of thickness 100 m which possesses liquid useless 42 of depth 40 m X width 50 mm X length 50 mm which possesses the recessed part 41 of depth 100 m X width 126 m X length 5 mm in both ends was formed on substrate was prepared. index of refraction of this epoxy resin was 1.52 with wavelength 0.85 m. Filling optical fiber 44 (125 m outer diameter and core diameter 50 m) to recessed part of reference number 41 next, it locked with the adhesive (Figure 4 (b)). liquid 10 of Working Example 1 was filled to liquid useless 42 next. In this case, injected amount of liquid 10 is controlled to precision. after that, UV light 46 was irradiated to mask 45 crossing over which possesses kind of optical waveguide ridge \* pattern 45a which is shown in Figure 4 (c) (Figure 4 (d)). irradiation dose was 2000 mJ/cm<sup>2</sup>. after that, when this sample was developed with isopropanol solution, only photoirradiated part epoxy oligomer of liquid could harden in accordance with the ridge \* pattern 45a of mask 47, could produce ridge \* pattern 48 of kind of shape which is shown in Figure 4 (e). index of refraction after hardening was 1.535 with wavelength 0.85 m. after that, index of refraction being wavelength 0.85 m, in order to become the 1.52, applying epoxy resin which was adjusted, photocuring it did. It could produce optical fiber equipped channel optical waveguide 401 (depth 45 m width 45 m and  $n_1$  %) which possesses core 400 which consists of UV hardening epoxy resin of index of refraction of cladding 49, 1.535 which consists of epoxy resin of index of refraction 1.52 with this operation (Figure 4 (f)). When light of 0.85 m and 1.3 m is introduced in this optical waveguide, radiation it did light of 0.85 m from optical fiber 44, insertion loss was the 1.5 dB extent.

[0065] Furthermore, in place of liquid epoxy oligomer, it could produce part which possesses performance which is equal to Working Example 8 or 10 liquid silicone epoxy oligomer of this invention, making use of liquid silicone oligomer and liquid silicone vinyl ether oligomer.

[0066] <Working Example 11> Kind of diffraction grating 50 which in place of wavelength sheet which is used in the Working Example 9 is shown in Figure 5 was inserted, wavelength

$\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ の光を導入したところ、 $0.85\mu\text{m}$ の光と $1.3\mu\text{m}$ の光は分離され、挿入損失 $1.5\text{dB}$ 、波長のアイソレーションは $0.85\mu\text{m}$ 帯で $40\text{dB}$ 程度の波長分離素子が作製可能であった。

【0067】<実施例12>実施例9において用いた波長板のかわりに図6に示したようなハーフミラー60を挿入し、実施例9と同様な形状を有する分岐素子を作製し、 $0.85\mu\text{m}$ の光を導入したところ、 $0.85\mu\text{m}$ の光は分岐され、挿入損失 $1.5\text{dB}$ 、分岐比 $1:1$ の分岐素子が作製可能であった。

【0068】<実施例13>実施例9において用いた波長板のかわりに図7に示したような偏光素子70を挿入し、実施例9と同様な形状を有する偏光分離素子を作製した。ただし、この場合には $1.3\mu\text{m}$ でシングルモード条件を満足する光導波路諸元になっている。具体的にはコア部が $8\times 8\mu\text{m}$ 、屈折率差 $0.2\%$ である。 $1.3\mu\text{m}$ の円偏光を導入したところ、光は図7の参照符号71のポート1よりTEモードが出射し、参照符号72のポート2からはTMモードのみが出射していた。そのアイソレーションは $30\text{dB}$ 以上であった。

【0069】<実施例14>図8に示すようにLED80からの光を受けるに実施例9に波長板を挿入したのと同様な方法によりレンズ81を挿入し、レンズ付のマルチモード光導波路82を作製することが可能であった。結合効率はレンズ81がない場合に比べて $10\text{dB}$ 程度向上した。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法は、反応性オリゴマー材料を使用することにより、簡易に、また耐熱性及び耐湿性に優れ、複屈折が小さく、光部品との接続が容易に行われる高分子光導波路パターンを形成できる。また、光照射により膜を硬化し、適当な溶媒で現像することにより、急峻でかつ滑らかな壁面を持つ光導波路リッジ・パターンを形成できる。また、従来の高分子を用いたリッジ・パターン形成法が、厚膜形成・光導波路加工が非常に困難であるのに対し、厚膜で容易に光導波路加工が可能となる。さらに、従来の耐熱設計された芳香族含有高分子薄膜は、分子鎖の配向のために大きな複屈折を有していたのに対して、本発明の液状オリゴマーの光硬化体では、この複屈折が $1\times 10^{-3}$ 以下にまで低減され、当該材料による光導波路では、偏波依存性を許容値以下に低減することが可能となる。加えて該光学材

separation element which is similar to Working Example 9 was produced, when light of  $0.85\mu\text{m}$  and  $1.3\mu\text{m}$  is introduced, light of  $0.85\mu\text{m}$  and light of  $1.3\mu\text{m}$  were separated, isolation of insertion loss  $1.5\text{dB}$  and wavelength wavelength separation element of  $40\text{dB}$  extent was production possible with  $0.85\mu\text{m}$  band.

[0067] <Working Example 12> Kind of half mirror 60 which in place of wavelength sheet which is used in the Working Example 9 is shown in Figure 6 was inserted, branch element which possesses the shape which is similar to Working Example 9 was produced,  $0.85\mu\text{m}$ , when light is introduced, light of  $0.85\mu\text{m}$  was done branch, branch element of insertion loss  $1.5\text{dB}$  and splitting ratio  $1:1$  was production possible.

[0068] <Working Example 13> Kind of light polarizing element 70 which in place of wavelength sheet which is used in the Working Example 9 is shown in Figure 7 was inserted, polarized light separation element which possesses shape which is similar to Working Example 9 was produced. However, in this case it has made optical waveguide factor which satisfies single mode condition with  $1.3\mu\text{m}$  core is  $8\times 8\mu\text{m}$  and refractive index difference  $0.2\%$  concretely. When circularly polarized light of  $1.3\mu\text{m}$  is introduced, TE mode radiation did light from port 1 of reference number 71 of Figure 7, only TM mode radiation had done from port 2 of reference number 72. isolation was  $30\text{dB}$  or greater.

[0069] <Working Example 14> As shown in Figure 8, that light from LED 80 is received inserted the wavelength sheet in Working Example 9, it was possible to insert lens 81 due to the same method, to produce multiple modes optical waveguide 82 of lens attaching. bonding efficiency  $10\text{dB}$  extent it improved in comparison with when there is not lens 81.

[0070]

[Effects of the Invention] As above explained, ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core of this invention, simply, in addition is superior in heat resistance and moisture resistance by using reactivity oligomer material, the birefringence is small, polymer optical waveguide pattern where connection with optical component is done easily can be formed. In addition, membrane can be hardened with illumination, and optical waveguide ridge \* pattern which has smooth wall surface can be formed with steep by developing with the suitable solvent. In addition, ridge \* pattern formation method which uses conventional polymer, becomes easily optical waveguide processing possible with thick film vis-a-vis thick film formation \* optical waveguide processing being very difficult. Furthermore, conventional heat resistance as for aromatic-containing polymer thin film which is designed, with the photocuring body of liquid oligomer of this invention, this

料は、分子量の調整により、薄膜の形成工程に対応した適当な粘性を得ることができる。

【0071】したがって、本発明は、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路、または光配線板等に適用できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図2】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されたインターコネクション用高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図3】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された波長分離用高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図4】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された光ファイバー付き高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(g)は各工程を説明するための模式図である。

【図5】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造される回折格子を用いた波長分離素子の模式的平面図である。

【図6】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造されるミラーを用いた分岐素子の模式的平面図である。

birefringence is decreased to the 1 X 10 or less vis-a-vis having possessed big birefringence because of orientation of molecular chain, with optical waveguide due to this said material, it becomes possible to decrease polarization dependency below permissible value. In addition said optical material can acquire suitable viscosity which corresponds to the formation process of thin film with adjustment of molecular weight.

[0071] Therefore, as for this invention, with general optics and minute optics field, in addition, it can apply to various optical waveguide, optical integrated circuit or optical circuitry sheet etc which are used with field of optical communication and optical computing.

#### [Brief Explanation of the Drawing(s)]

[Figure 1] With those in order to explain manufacturing method of polymer optical waveguide element where ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention is applied, (a) to (f) is the schematic diagram in order to explain each step.

[Figure 2] With those in order to explain manufacturing method of polymer optical waveguide element for ynetar connection where ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention is applied, (a) to (f) is schematic diagram in order to explain each step.

[Figure 3] With those in order to explain manufacturing method of polymer optical waveguide element for wavelength separation where ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention is applied, (a) to (f) is schematic diagram in order to explain each step.

[Figure 4] With those in order to explain manufacturing method of optical fiber equipped polymer optical waveguide element where ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention is applied, (a) or (g) is schematic diagram in order to explain each step.

[Figure 5] Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention being applied, it is a schematic top view of wavelength separation element which uses diffraction grating which is produced.

[Figure 6] Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention being applied, it is a schematic top view of splitting element which uses mirror which is produced.

【図 7】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造される偏光分離素子の模式的平面図である。

[Figure 7] Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention being applied, it is a schematic top view of polarized light separation element which is produced.

【図 8】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造されるレンズ付光導波路の模式的平面図である。

[Figure 8] Ridge \* pattern formation method of polymer optical waveguide core which is based on this invention being applied, it is a schematic top view of lens attaching optical waveguide which is produced.

【符号の説明】

[Explanation of Reference Signs in Drawings]

10 溶液

10 solution

11 液だめ

11 liquid useless

12 プラットフォーム

12 platform

13 マスク

13 mask

14 UV光

14 UV light

15 リッジ・パターン

15 ridge \* pattern

16 クラッド

16 cladding

17 コア部

17 core

18 マルチモード用のチャンネル光導波路

Channel optical waveguide for 18 multiple modes

20 溶液

20 solution

21 液だめ

21 liquid useless

22 半導体レーザー光源

22 semiconductor laser light source

23 受光器

23 light receiver

24 プラットフォーム

24 platform

25 マスク

25 mask

26 UV光

26 UV light

27 リッジ・パターン

27 ridge \* pattern

28 クラッド

28 cladding

29 チャンネル光導波路

29 channel optical waveguide

31 溝

31 groove

32 液だめ

32 liquid useless

33 プラットフォーム

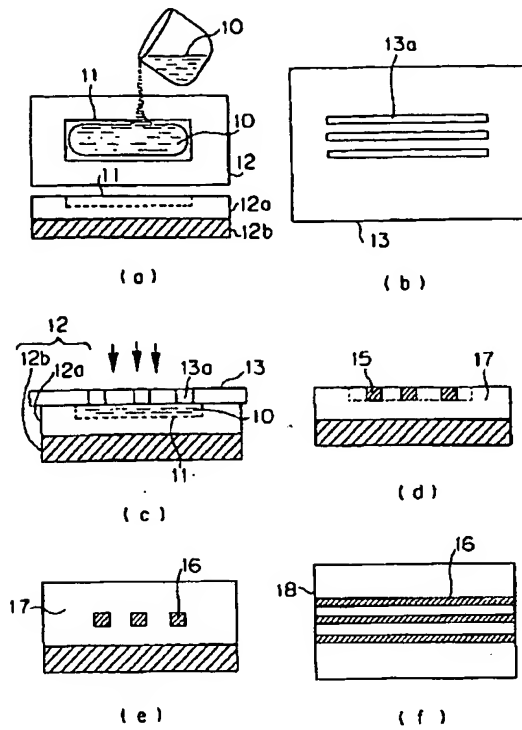
33 platform



3 4	波長フィルター	34	wavelength filter
3 5	マスク	35	mask
3 6	UV光	36	UV light
3 7	リッジ・パターン	37	ridge * pattern
3 8	クラッド	38	cladding
3 9	コア部	39	core
4 1	凹部	41	recessed part
4 2	液だめ	42	liquid useless
4 3	プラットフォーム	43	platform
4 4	光ファイバー	44	optical fiber
4 5	接着剤	45	adhesive
4 6	マスク	46	mask
4 7	UV光	47	UV light
4 8	リッジ・パターン	48	ridge * pattern
4 9	クラッド	49	cladding
5 0	回折格子	50	diffraction grating
6 0	ハーフミラー	60	half mirror
7 0	偏光素子	70	light polarizing element
7 1	ポート 1	71	port 1
7 2	ポート 2	72	port 2
8 0	LED	80	LED
8 1	レンズ	81	lens
8 2	レンズ付のマルチモード光導波路	82	Multiple modes optical waveguide of lens attaching
2 0 0	光導波路素子	200	optical waveguide element
3 0 0	波長分離素子	300	wavelength separation element
3 0 1	ポート 1	301	port 1
3 0 2	ポート 2	302	port 2
4 0 0	コア部	400	core

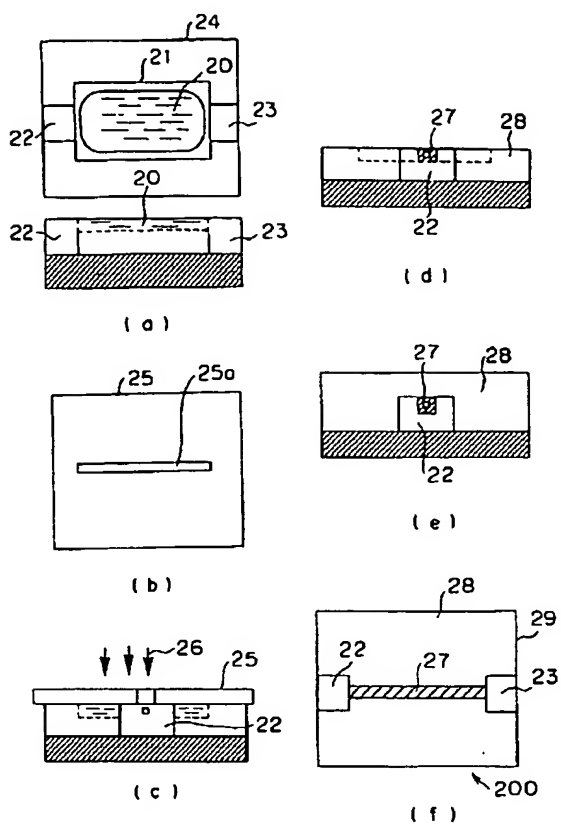
【図 1】

[Figure 1]



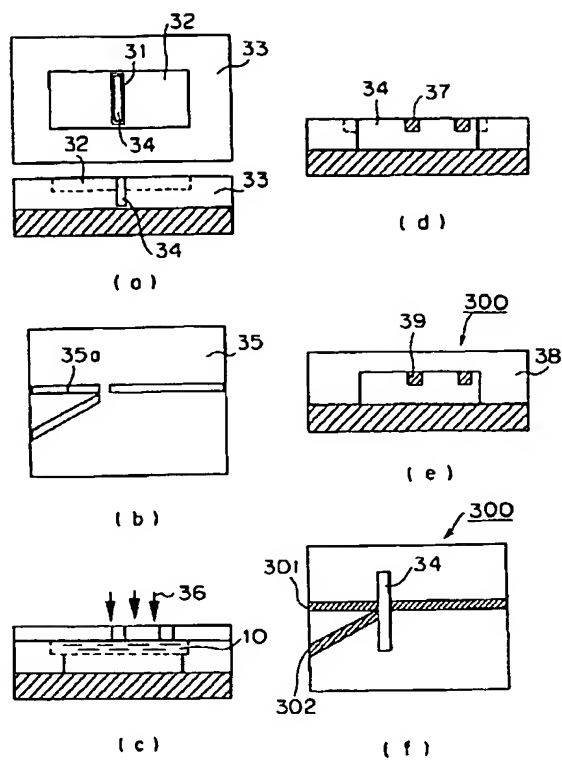
[図 2]

[Figure 2]



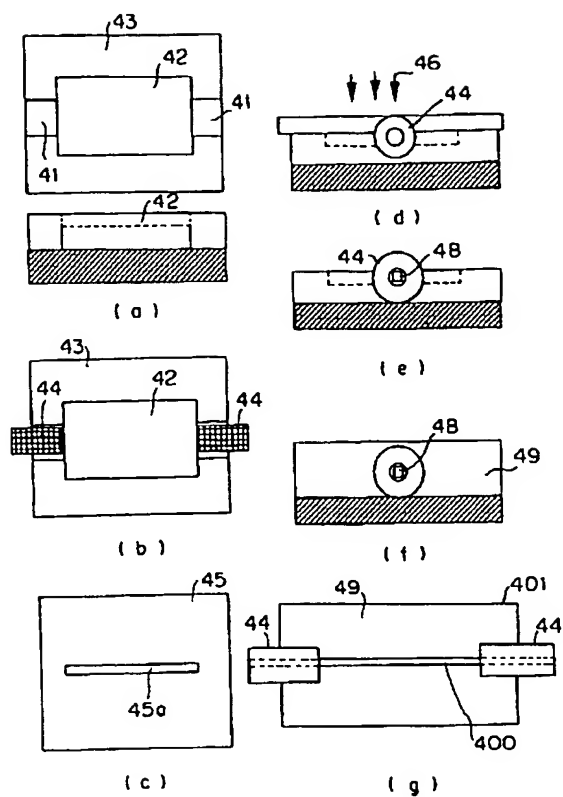
【図 3】

[Figure 3]



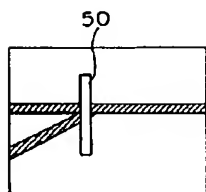
【図 4】

[Figure 4]



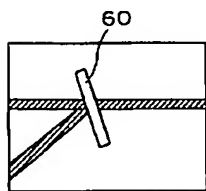
【図 5】

[Figure 5]

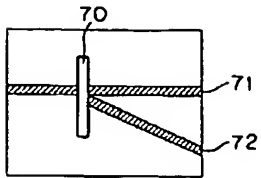


【図 6】

[Figure 6]

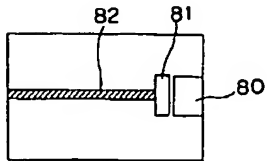


【図 7】



[Figure 7]

【図 8】



[Figure 8]